

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. Juni 2004 (03.06.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/045760 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B01J 19/00**,
G06F 17/30, 17/50

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/012802

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. November 2003 (15.11.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 53 519.1 16. November 2002 (16.11.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **EHRFELD MIKROTECHNIK AG** [DE/DE];
Mikroforum Ring 1, 55234 Wendelsheim (DE).

(72) Erfinder: **KAMMERMEIER, Stefan**; Berliner Strasse 8,
58161 Mannheim (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **EHRFELD, Wolfgang**
[DE/DE]; Kehlweg 22, 55124 Mainz (DE).

(74) Anwalt: **MEYER-DULHEUER, Karl-Hermann**; Metz-
lerstrasse 27, 60594 Frankfurt am Main (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,
SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING OPTIMAL REACTION PROCESSES AND OPTIMAL OPERATING CONDITIONS
FOR SYNTHESIS OF CHEMICAL COMPOUNDS IN MICRO-REACTION INSTALLATIONS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG OPTIMALER REAKTIONSWEGE UND PROZESSBEDINGUNGEN
ZUR SYNTHESE CHEMISCHER VERBINDUNGEN IN MIKROREAKTIONSSYSTEMEN

(57) Abstract: The invention concerns a method and a databank system for determining optimal reaction processes and optimal operating conditions for synthesis of chemical compounds in micro-reaction installations. The invention is characterized in that the final product is defined; a first electronic databank or a plurality of electronic databanks are used to determine the possible starting products and the possible reaction processes for the synthesis of the final product; a third electronic databank or a plurality of electronic databanks is used to select and define the reaction conditions adapted to syntheses in micro-reaction installations; a sixth electronic databank is used to carry out the micro-reaction installation based on the selected reaction process, using already tested configurations for each reaction step; one or several structures of micro-reaction installations produced on the basis of the databank 6, are technically transposed for technical evaluation of the product synthesis designs; the optimal operating conditions are determined on the basis of an objective by varying the test parameters within a given range.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren und ein Datenbanksystem zur Ermittlung optimaler Reaktionswege und Prozessbedingungen für die Synthese chemischer Verbindungen sowie für die Durchführung dieser Synthese beschrieben, welche in Mikroreaktionssystemen durchgeführt wird, wobei • das gewünschte Endprodukt definiert wird; • eine erste elektronische Datenbank oder Datenbankgruppe zur Ermittlung möglicher Ausgangsstoffe und Reaktionswege zur Synthese des Endproduktes eingesetzt wird; • eine dritte elektronische Datenbank oder Datenbankgruppe zur Auswahl und Eingrenzung der Reaktionsbedingungen, die für Synthesen in Mikroreaktionsanlagen geeignet sind, benutzt wird; • eine sechste Datenbank zum Aufbau der Mikroreaktionsanlage gemäß dem selektierten Reaktionsweg unter Verwendung der für die einzelnen Reaktionsschritte erprobten Anordnungen eingesetzt wird und dann • eine technische Umsetzung einer oder mehrerer Aufbauten von Mikroreaktionsanlagen, die von der Datenbank 6 erzeugt wurden, zur technischen Evaluierung der Konzepte für die Produktsynthese stattfindet; • eine Ermittlung der optimalen Betriebsbedingungen nach einer Zielgröße durch Variation der Versuchsparameter innerhalb einer vorgegebenen Bandbreite erfolgt.

WO 2004/045760 A1

VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG OPTIMALER REAKTIONSWEGE UND PORZESSBEDINGUNGEN ZUR SYNTHESE CHEMISCHER VERBINDUNGEN IN MIKROREAKTIONSSYSTEMEN

10 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung optimaler Reaktionswege und Prozessbedingungen zur Synthese chemischer Verbindungen in Mikroreaktionssystemen und zur Durchführung der Synthese. Dabei erfolgt die Ermittlung der Synthesewege und Synthesebedingungen mit Hilfe von Datenbanken oder Datenbanksätzen, die einerseits nach technischen und andererseits nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimale Synthesevorschläge erarbeiten, die dann einer praktischen Evaluierung in einer Mikroreaktionsanlage unterworfen werden.

Dem modernen Chemiker steht heute eine Vielzahl von Software zur Verfügung. Sie umfassen Programme zur Vorhersage der Aktivität chemischer Strukturen, Programme zur Bestellung kommerziell verfügbarer Reagenzien und Datenbanken, die große Mengen von chemischen Informationen einschließlich von Verknüpfungen zu chemischen Nachschlagewerken umfassen. Diese Programme nutzen die Vorteile der modernen, elektronischen Infrastrukturen und bieten neue Möglichkeiten, bisher unlösbare Probleme zu bearbeiten.

Überlegungen, die Möglichkeiten von Software gestützten Datenbanken für die Entwicklung chemischer Reaktionen nutzbar zu machen, haben auch schon Niederschlag in einigen Patentanmeldungen gefunden.

30 So beschreibt die internationale Patentanmeldung WO 01/75625 Programme für chemische Datenbanken, mit denen die umfangreichen Kenntnisse der organischen Chemie gespeichert, aufgefunden und genutzt werden können. Die Programme sollen die Voraussagbarkeit individueller chemischer Reaktionen und die Auswahl eines geeigneten Syntheseweges aus einer Gruppe möglicher Reaktionen erleichtern.

- 5 Außerdem beschreibt die internationale Patentanmeldung WO 02/065340 Systeme, Verfahren und Computerprogramme zur Bestimmung der Parameter chemischer Reaktionen und zur Auswahl geeigneter Reagenzien und Geräte, die zur Herstellung einer bestimmten Zielverbindung vorteilhaft eingesetzt werden. Gleichzeitig können dann auch noch die erforderlichen Reagenzien und
10 Gerätschaften elektronisch von einem Lieferanten bestellt werden.

Die in der Chemie zur Zeit am meisten benutzten Datenbanken ersetzen die bisher verwendeten Nachschlagewerke wie den Beilstein, Chemical Abstracts und andere. Solche Datenbanken sind im Grunde nichts anderes als elektronische
15 Aufbereitungen traditioneller Nachschlagewerke, deren digitalisiertes Inhaltsverzeichnis einen schnellen Zugriff auf eine bestimmte Literaturstelle erlaubt. Derartige Datenbanken sind zur Erleichterung der Forschung in der modernen Chemie noch keineswegs optimiert.

- 20 Die derzeit zur Verfügung stehende chemische Software ist zum Beispiel wenig hilfreich, wenn die Anwendungsbreite einer chemischen Reaktion ermittelt werden soll. Sie gibt oft auch keine Auskunft, ob die in einem chemischen Laboratorium zur Verfügung stehenden Gerätschaften für eine bestimmte chemische Reaktion geeignet sind. Ein gutes Beispiel hierfür ist die kombinatorische Chemie, wo die eingesetzten Apparaturen häufig nicht für unterschiedliche chemische Reaktionen eingesetzt werden können, sondern so gestaltet sind, dass
25 viele chemische Synthesen gleichzeitig und in sehr kleinem Umfang durchgeführt werden müssen. Deshalb sind die hierfür eingesetzten Apparaturen häufig recht kompliziert. Das macht es schwierig, variable Heiz- und Kühlbedingungen, inerte Atmosphären, die Zuführung hoch reaktiver Reagenzien usw. sicher zu
30 stellen. Ähnliche Probleme ergeben sich bei der Durchführung chemischer Reaktionen mit den Mitteln der modernen Mikroreaktionstechnik.

Zur Ermittlung der besonderen und optimalen Verfahrensbedingungen in Mikroreaktionsanlagen sind die Möglichkeiten moderner elektronischer Datenbanken
35 bisher noch nicht genutzt worden. Mikroreaktionssysteme, insbesondere modular aufgebaute Mikroreaktionssysteme sind aus verschiedenen Veröffentlichun-

5 gen bekannt. So beschreibt die deutsche Offenlegungsschrift 199 17 330 ein Mikroreaktionssystem mit einer Anzahl von Mikroreaktormodulen gleicher oder unterschiedlicher Art, mit dem einzelne chemische Verfahrensschritte oder komplette chemische Reaktionen durchgeführt werden können.

10 Aus der deutschen Patentschrift 199 17 398 ist ebenfalls ein modulares Mikrosystem zur Durchführung chemischer Prozesse bekannt, welches über eine zentrale Steuereinheit verfügt und bei dem innerhalb des Mikroreaktionssystems die Module über Schnittstellen mit einer Steuereinheit verbunden sind.

15 In dem deutschen Gebrauchsmuster 202 01 753.2 ist ein Mikroreaktionssystem beschrieben, das aus einem Trägersystem und miteinander durch Stoffaustauschkanäle verbundenen Mikroreaktormodulen besteht.

20 Mit den erwähnten Mikroreaktionssystemen ist zwar eine Synthese von chemischen Verbindungen durchführbar, aber die Ermittlung geeigneter Reaktionswege und eine Verfahrensoptimierung, um schnell und wirtschaftlich zur Produktion zu gelangen, ist bisher noch nicht gelungen, da die Möglichkeiten der Informationstechnologie nicht genutzt werden. Vor der Produktion von chemischen Verbindungen in diesen Systemen muss deshalb separat ein Reaktionsfindungs- und Verfahrensoptimierungsprozess stattfinden. Dies ist mit hohen
25 Kosten und hohem Zeitaufwand verbunden.

30 Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem chemische Verbindungen zielgerichtet nach streng wirtschaftlichen Gesichtspunkten, d.h. schnell und kostengünstig in Mikroreaktionssystemen synthetisiert werden können. Eine weitere Aufgabe besteht darin, den optimalen Reaktionsweg zu ermitteln und die Prozessoptimierung innerhalb dieses Verfahrens zu ermöglichen.

35 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Ermittlung optimaler Reaktionswege und Prozessbedingungen für die Synthese chemischer

5 Verbindungen sowie zur Durchführung dieser Synthese gelöst, welche in Mikroreaktionssystemen durchgeführt wird, wobei

- das gewünschte Endprodukt definiert wird;
- 10 • eine erste elektronische Datenbank oder Datenbankgruppe zur Ermittlung möglicher Ausgangsstoffe und Reaktionswege zur Synthese des Endproduktes eingesetzt wird;
- gegebenenfalls eine zweite elektronische Datenbank oder Datenbankgruppe zur Ermittlung der Stoffeigenschaften der Ausgangsstoffe, Zwischenprodukte, etwa entstehender Neben- und Folgeprodukte, des Endproduktes sowie der eingesetzten Hilfsstoffe eingesetzt wird;
- 15 • eine dritte elektronische Datenbank oder Datenbankgruppe zur Auswahl und Eingrenzung der Reaktionsbedingungen, die für Synthesen in Mikroreaktionsanlagen geeignet sind, benutzt wird;
- 20 • gegebenenfalls eine vierte elektronische Datenbank oder Datenbankgruppe zur Selektion einer besonders einfachen, zuverlässigen oder aus anderen Gründen für Reaktionen in Mikroreaktionssystemen besonders vorteilhaften Verfahrensvariante verwendet wird;
- 25 • gegebenenfalls noch eine fünfte Datenbank zur Bewertung der Reaktionswege nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten;
- 30 • eine sechste Datenbank oder Datenbankgruppe zum Aufbau der Mikroreaktionsanlage gemäß dem selektierten Reaktionsweg unter Verwendung der für die einzelnen Reaktionsschritte erprobten Anordnungen eingesetzt wird;

35

- 5 • eine technische Umsetzung einer oder mehrerer Aufbauten von Mikroreaktionsanlagen, die von der Datenbank 6 erzeugt wurden, zur technischen Evaluierung der Konzepte für die Produktsynthese stattfindet.
- 10 • eine Ermittlung der optimalen Betriebsbedingungen nach einer Zielgröße durch Variation der Versuchsparameter innerhalb einer vorgegebenen Bandbreite erfolgt.

Der erste Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht im allgemeinen darin, dass von einem Kunden, z.B. einem Spezialchemikalienhersteller, die
15 Synthese einer bestimmten Verbindung in Auftrag gegeben wird, die für einen besonderen Einsatzzweck benötigt wird oder mit der eine attraktive Wertschöpfung erzielt werden kann.

Im zweiten Schritt erfolgt die Nutzung einer ersten elektronischen Datenbank
20 oder Datenbankgruppe (der Reaktionsdatenbank) zur Ermittlung möglicher Ausgangsstoffe und möglicher Reaktionswege zur Synthese des gewünschten Endproduktes.

Mit dieser Datenbank werden im wesentlichen die Reaktionsabläufe in einer
25 Form erfasst, die die chemische Umwandlung der Ausgangsstoffe und Zwischenprodukte auch in mehrstufigen Reaktionen in chemischen Formeln darstellt. Enthalten sind in dieser Datenbank die Reaktionsbedingungen (Temperatur, Druck, pH-Wert, Lösungsmittel) die Reaktionsenthalpien, Ausbeuten und Selektivitäten der einzelnen Reaktionsschritte sowie die Reaktionszeiten und
30 weitere kinetische Daten.

Im dritten Verfahrensschritt kann dann – sofern es erforderlich ist – in einer zweiten elektronischen Datenbank oder Datenbankgruppe (Stoffdatenbank) die Ermittlung der Stoffeigenschaften (z.B. die Phasen, Beständigkeit, elektrische
35 Leitfähigkeit, korrosive Eigenschaften, der pH-Wert) der Ausgangsstoffe, der Zwischenprodukte, Nebenprodukte, Folgeprodukte und Endprodukte sowie der Reaktionsgemische und Hilfsstoffe (z.B. der Lösungsmittel, Katalysatoren, Leit-

- 5 salze) beim Ablauf der Synthese auf den vorgeschlagenen Reaktionswegen erfolgen.

Aus dieser Datenbank wird also entnommen, unter welchen Randbedingungen die mit der ersten Datenbank ermittelten Reaktionen durchgeführt werden, also
10 ob es sich z.B. um eine einphasige oder mehrphasige Reaktion handelt, ob einzelne Substanzen als Feststoffe oder in flüssiger Form vorliegen, mit welchem Dampfdruck zu rechnen ist und welche Anforderungen an die Reaktormaterialien gestellt werden.

- 15 In einem vierten Schritt wird eine dritte elektronische Datenbank oder Datenbankgruppe (Selektionsdatenbank) zur Auswahl und Eingrenzung der Reaktionsbedingungen, Verfahrensschritte und Stoffeigenschaften eingesetzt, die für Bedingungen, die bei Synthesen in Mikroreaktionsanlagen eingehalten werden müssen, geeignet sind.

20 In dieser Datenbank werden die Stoffeigenschaften (z.B. der maximal auftretende Druck oder die maximale Temperatur) und die Reaktionsbedingungen (Druck, Temperatur) mit den Eigenschaften der Mikroreaktionselemente verglichen. Wenn z.B. eine Reaktion bei Temperaturen über 600°C abläuft, werden
25 automatisch Mikroreaktoren mit Elementen aus Kunststoff oder Aluminium ausgeschlossen. In dieser Datenbank sind also die Materialien der Mikroreaktionselemente und deren Anwendbarkeit für bestimmte Substanzklassen (z.B. Säuren, Laugen) oder die maximal zulässigen Drucke und Temperaturen gespeichert. Bei dem durch Software unterstützten Selektionsvorgang werden also die
30 Funktionselemente ausgeschlossen, die nicht mit den eingesetzten oder entstehenden Stoffen oder den entsprechenden Randbedingungen harmonisieren. Diese Selektion wird für jeden möglichen Reaktionsweg separat vorgenommen und es wird gleichzeitig der Einsatzbereich bestimmter Mikroreaktionselemente für einen entsprechenden Bereich von Betriebsbedingungen angegeben.

- 35 Im fünften Verfahrensschritt kann dann die Nutzung einer vierten Datenbank oder Datenbankgruppe (Mikroreaktionsdatenbank) zur Bewertung und Selektion

- 5 der Reaktionswege nach verfahrenstechnischen Gründen besonders vorteilhaft
sein. Hier werden die Reaktionswege und Betriebsbedingungen ausgewählt, die
nach verfahrenstechnischen Gesichtspunkten besonders vorteilhaft sind und
sich z.B. durch hohe Selektivitäten und Ausbeuten oder einen in Bezug auf die
Mikroreaktionstechnik einfachen Aufbau oder eine zuverlässige Prozessrege-
10 lung auszeichnen.

- Im sechsten Verfahrensschritt kann dann eine fünfte Datenbank oder Daten-
bankgruppe (Wirtschaftlichkeitsdatenbank) zur Bewertung der Reaktionswege
nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten eingesetzt werden, die nach der zu-
15 nächst vorgenommenen technischen Selektion eine zweite Selektion unter wirt-
schaftlichen Gesichtspunkten ermöglicht.

- Diese Bewertung berücksichtigt einerseits die Kosten, z.B. für die Ausgangs-
stoffe und Hilfsstoffe, für den Energieaufwand, für mikroreaktionstechnische
20 Bauelemente, die Anlagensteuerung und die Überwachung sowie etwa erfor-
derliche Sicherheitsmaßnahmen. Dem steht der Wert des erzeugten Produktes
gegenüber, der z.B. von dessen Reinheit und damit auch vom gewählten Reak-
tionsweg abhängen kann. Diese wirtschaftlichen Gesichtspunkte stehen im en-
gen Zusammenhang mit den obengenannten technischen Gesichtspunkten, die
25 z.B. die Ausbeuten und die Selektivitäten bestimmter Reaktionsabläufe betref-
fen und entsprechend bewertet und auf wirtschaftliche Gesichtspunkte abgebil-
det werden können.

- Schließlich wird für das erfindungsgemäße Verfahren im siebten Schritt auch
30 noch eine sechste Datenbank oder Datenbankgruppe (Mikroplant-Datenbank)
zum Aufbau der Mikroreaktionsanlagen entsprechend den selektierten Reakti-
onswegen unter Verwendung erprobter Anordnungen für einzelne Verfahrenss-
chritte eingesetzt.

- 35 Hierbei werden Vorschläge erarbeitet, wie unter Nutzung bekannter Verfah-
rensschritte aus einzelnen Modulen Anlagen aufgebaut werden können, die den
Anforderungen der nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten be-

- 5 werteten und noch verbliebenen Reaktionswegen genügen. Wie bei allen anderen Datenbanken wird der Inhalt dieser Datenbank mit zunehmender Erfahrung immer weiter anwachsen.

10 Anhand der damit durch den Einsatz von Datenanlagen gewonnenen Reaktionskenntnisse kann die technische Umsetzung des Verfahrens zur praktischen Evaluierung der Konzepte für die Produktionssynthese erfolgen. Dabei werden aus mikroreaktionstechnischen Bauelementen sowie den dazugehörigen Mess- und Regelungseinrichtungen entsprechende Mikroplants aufgebaut. Anschließend kann die Ermittlung der optimalen Betriebsbedingungen in Abhängigkeit
15 von einer vorgegebenen Zielgröße, z.B. der Ausbeute oder der Reinheit, durch Variation der Versuchsparameter innerhalb einer festgelegten Bandbreite erfolgen.

20 Da nicht zu erwarten ist, dass die aus den Datenbanken ermittelten Informationen unmittelbar zu einem technisch oder wirtschaftlich optimalen Satz von Betriebsparametern für einen ausgewählten Reaktionsweg führen und überdies dieser Reaktionsweg ggf. noch modifiziert werden muss, ist eine experimentelle Prüfung bei komplexen Reaktionen, wie sie in der Spezialitätenchemie üblich ist, unerlässlich. Dies kann z.B. die Einstellung einer für die Ausbeute optimalen
25 Verweilzeit, Temperatur oder die Vermeidung von Nebenprodukten sein. Bei diesen Optimierungsschritten werden zweckmäßigerweise Methoden der statistischen Versuchsplanung eingesetzt. Die Anlage kann dann unter technisch und wirtschaftlich optimalen Bedingungen zur Produktsynthese genutzt werden.

30 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform gehört zu den einzelnen Datenbanken eine Software-Plattform, die diese Datenbanken miteinander verknüpft und an einen experimentellen Optimierungsprozess anbindet. Die Softwareplattform muss dann in der Lage sein, im Dialog mit dem Benutzer die Auswahl der Reaktionswege zu gestalten und die Bandbreite des experimentel-
35 len Programms festzulegen. Die Software greift damit auch in den Steuerungs- und Regelungsprozess bei der experimentellen Optimierung ein. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn mehrere oder alle vorstehend genannten Daten-

5 banken zu einer einzigen Gesamtanlage zusammengefasst sind. Die einzelnen Datenbanken sollten deshalb zu einem System von Datenbanken zusammengefasst werden können.

10 Vorzugsweise werden für die erfindungsgemäß eingesetzten Datenbanken solche eingesetzt, die mit den während des Betriebs bei der Synthese anfallenden Informationen oder mit den aus wissenschaftlichen oder technischen Publikationen erhältlichen Informationen aufgefüllt werden und diese auch verwerten können.

15 Die verschiedenen vorhandenen und auch verfügbaren Module einer Mikroreaktionsanlage einschließlich aller erforderlichen Spezifikationen sind bei dem erfindungsgemäßen Verfahren katalogisiert und in einer oder mehreren Datenbanken abgelegt. Sind neue oder veränderte Module für eine Mikroreaktionsanlage verfügbar, so wird die Datenbank um die entsprechenden Daten ergänzt
20 und erweitert. Die Einzelmodule der Mikroreaktionsanlage werden für die verschiedenen Grundoperationen der Verfahrenstechnik eingesetzt. Integrierte Module werden für kombinierte Grundoperationen und Reaktionen verwendet.

25 Besonders zweckmäßig ist es, wenn zur Prozessoptimierung eine begleitende Analytik (z.B. Gaschromatographie, Infrarotspektrometrie, Massenspektrometrie, elektrochemische Messmethoden) eingerichtet und die aus der Analytik gewonnenen Daten zur Systemsteuerung eingesetzt werden können

5 Patentansprüche

- 10 1. Verfahren zur Ermittlung optimaler Reaktionswege und Prozessbedingungen für die Synthese chemischer Verbindungen sowie für die Durchführung dieser Synthese, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses in Mikroreaktionssystemen durchgeführt wird, wobei
- 15 • das gewünschte Endprodukt definiert wird;
- eine erste elektronische Datenbank oder Datenbankgruppe zur Ermittlung möglicher Ausgangsstoffe und Reaktionswege zur Synthese des Endproduktes eingesetzt wird;
- 20 • gegebenenfalls eine zweite elektronische Datenbank oder Datenbankgruppe zur Ermittlung der Stoffeigenschaften der Ausgangsstoffe, Zwischenprodukte, etwa entstehender Neben- und Folgeprodukte, des Endproduktes sowie der eingesetzten Hilfsstoffe eingesetzt wird;
- 25 • eine dritte elektronische Datenbank oder Datenbankgruppe zur Auswahl und Eingrenzung der Reaktionsbedingungen, die für Synthesen in Mikroreaktionsanlagen geeignet sind, benutzt wird;
- 30 • gegebenenfalls eine vierte elektronische Datenbank oder Datenbankgruppe zur Selektion einer besonders einfachen, zuverlässigen oder aus anderen Gründen für Reaktionen in Mikroreaktionssystemen besonders vorteilhaften Verfahrensvariante verwendet wird;
- 35 • gegebenenfalls noch eine fünfte Datenbank oder Datenbankgruppe zur Bewertung der Reaktionswege nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten;

- 5 • eine sechste Datenbank oder Datenbankgruppe zum Aufbau der Mikroreaktionsanlage gemäß dem selektierten Reaktionsweg unter Verwendung der für die einzelnen Reaktionsschritte erprobten Anordnungen eingesetzt wird;
- 10 • eine technische Umsetzung einer oder mehrerer Aufbauten von Mikroreaktionsanlagen, die von der Datenbank 6 erzeugt wurden, zur technischen Evaluierung der Konzepte für die Produktsynthese stattfindet;
- 15 • eine Ermittlung der optimalen Betriebsbedingungen nach einer Zielgröße durch Variation der Versuchsparameter innerhalb einer vorgegebenen Bandbreite erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Betrieb der Mikroreaktionsanlage unter den gemäß Anspruch 1 ermittelten technisch-
20 wirtschaftlich optimalen Bedingungen erfolgt.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einzelnen Datenbanken über eine Software-Plattform miteinander verbunden sind und dadurch an einen experimentellen Optimierungsprozess an-
25 gebunden werden.
- 4.. Verfahren nach Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass einzelne Datenbanken zu einem System von Datenbanken zusammengefasst werden können.
- 30 5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die eingesetzten Datenbanken mit den bei der Synthese des gewünschten Endproduktes anfallenden technischen Informationen oder neuen Informationen aus wissenschaftlichen Publikationen aufgefüllt werden können.

- 5 6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**,
dass zur Prozessoptimierung eine begleitende Analytik eingerichtet ist und die
aus der Analytik gewonnenen Daten zur Systemsteuerung eingesetzt werden.
7. System von Datenbanken zur Ermittlung optimaler Reaktionswege und
10 Prozessbedingungen für die Synthese chemischer Verbindungen in Mikroreak-
tionssystemen gemäß den Ansprüchen 1 bis 6.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 03/12802

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 B01J19/00 G06F17/30 G06F17/50		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B01J G06F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02 065340 A (BALLARD WILLIAM BRIAN ; SMITH ROBIN YOUNG (US); SYNTHEMATIX INC (US) 22 August 2002 (2002-08-22) cited in the application page 1, line 15 -page 4, line 19; figures 2,17 ---	1-7
A	WO 02 053287 A (LINKE DAVID ; BAERNS MANFRED (DE); DROPKA NATASHA (DE); GRUBERT GER) 11 July 2002 (2002-07-11) the whole document ---	1-7
A	US 6 148 244 A (JACOBSON ERIC ET AL) 14 November 2000 (2000-11-14) the whole document --- -/-	1-7
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 1 April 2004		Date of mailing of the international search report 07/04/2004
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Veefkind, V

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 03/12802

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 438 439 B1 (MOZUMDER PURNENDU K ET AL) 20 August 2002 (2002-08-20) column 1, line 10 - line 21 column 1, line 45 -column 5, line 18; figure 1	1-7
A	STEPHANOPOULOS G ET AL: "SYNTHESIS IN PROCESS DEVELOPMENT" CHEMICAL ENGINEERING RESEARCH AND DESIGN, PART A, INSTITUTION OF CHEMICAL ENGINEERS, XX, vol. 64, no. 3, May 1986 (1986-05), pages 160-174, XP001009504 ISSN: 0263-8762 the whole document	1-7
A	HOELLERLING R ET AL: "SIMULATION OF ORGANIC REACTIONS: FROM THE DEGRADATION OF CHEMICALS TO COMBINATORIAL SYNTHESIS" JOURNAL OF CHEMICAL INFORMATION AND COMPUTER SCIENCES, AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, COLOMBUS, OHIO, US, vol. 40, no. 2, March 2000 (2000-03), pages 482-494, XP001053620 ISSN: 0095-2338 the whole document	1-7
A	WILLET P: "USING COMPUTATIONAL TOOLS TO ANALYZE MOLECULAR DIVERSITY" PRACTICAL GUIDE TO COMBINATORIAL CHEMISTRY, AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, WASHINGTON, DC, US, 1997, pages 17-48, 357-412, XP002918909 page 377 -page 383	1-7
A	HUSHON I M ET AL: "A UNIQUE METHOD OF COMPUTERIZING CHEMICAL PROCESS INFORMATION" JOURNAL OF CHEMICAL INFORMATION AND COMPUTER SCIENCES, AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, COLOMBUS, OHIO, US, vol. 24, no. 3, 1 August 1984 (1984-08-01), pages 148-152, XP000715715 ISSN: 0095-2338 the whole document	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information disclosed here

International Application No

PCT/EP 03/12802

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 02065340	A	22-08-2002	US 2002143725 A1	03-10-2002
			WO 02065340 A2	22-08-2002
			US 2002169566 A1	14-11-2002
			US 2004003000 A1	01-01-2004
WO 02053287	A	11-07-2002	DE 10101118 A1	18-07-2002
			WO 02053287 A2	11-07-2002
US 6148244	A	14-11-2000	DE 19983116 T0	26-04-2001
			GB 2352060 A ,B	17-01-2001
			WO 9953386 A2	21-10-1999
US 6438439	B1	20-08-2002	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen
PCT/EP 03/12802

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	US 6 438 439 B1 (MOZUMDER PURNENDU K ET AL) 20. August 2002 (2002-08-20) Spalte 1, Zeile 10 - Zeile 21 Spalte 1, Zeile 45 -Spalte 5, Zeile 18; Abbildung 1	1-7
A	STEPHANOPOULOS G ET AL: "SYNTHESIS IN PROCESS DEVELOPMENT" CHEMICAL ENGINEERING RESEARCH AND DESIGN, PART A, INSTITUTION OF CHEMICAL ENGINEERS, XX, Bd. 64, Nr. 3, Mai 1986 (1986-05), Seiten 160-174, XP001009504 ISSN: 0263-8762 das ganze Dokument	1-7
A	HOELLERLING R ET AL: "SIMULATION OF ORGANIC REACTIONS: FROM THE DEGRADATION OF CHEMICALS TO COMBINATORIAL SYNTHESIS" JOURNAL OF CHEMICAL INFORMATION AND COMPUTER SCIENCES, AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, COLOMBUS, OHIO, US, Bd. 40, Nr. 2, März 2000 (2000-03), Seiten 482-494, XP001053620 ISSN: 0095-2338 das ganze Dokument	1-7
A	WILLET P: "USING COMPUTATIONAL TOOLS TO ANALYZE MOLECULAR DIVERSITY" PRACTICAL GUIDE TO COMBINATORIAL CHEMISTRY, AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, WASHINGTON, DC, US, 1997, Seiten 17-48, 357-412, XP002918909 Seite 377 -Seite 383	1-7
A	HUSHON I M ET AL: "A UNIQUE METHOD OF COMPUTERIZING CHEMICAL PROCESS INFORMATION" JOURNAL OF CHEMICAL INFORMATION AND COMPUTER SCIENCES, AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, COLOMBUS, OHIO, US, Bd. 24, Nr. 3, 1. August 1984 (1984-08-01), Seiten 148-152, XP000715715 ISSN: 0095-2338 das ganze Dokument	1-7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP 03/12802

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 02065340 A	22-08-2002	US 2002143725 A1	03-10-2002
		WO 02065340 A2	22-08-2002
		US 2002169566 A1	14-11-2002
		US 2004003000 A1	01-01-2004
WO 02053287 A	11-07-2002	DE 10101118 A1	18-07-2002
		WO 02053287 A2	11-07-2002
US 6148244 A	14-11-2000	DE 19983116 T0	26-04-2001
		GB 2352060 A ,B	17-01-2001
		WO 9953386 A2	21-10-1999
US 6438439 B1	20-08-2002	KEINE	